UMBB
Faculté des sciences
Département de Physique

22/06/2011

STH - ETLD 2
Physique2

STH
2010/2011

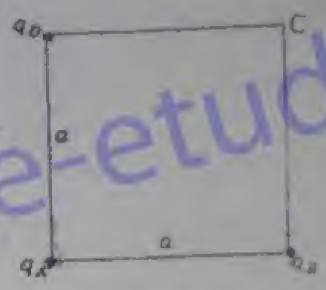
Exercice 1 (7pts):

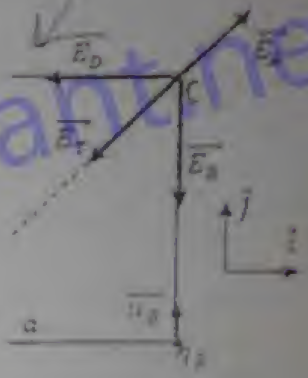
Trois charges ponctuelles sont placées aux points A, B et D sommets d'un carré ABCD de coté comme l'indique la figure 1.

Déterminer :

1. le vecteur champ électrique au point C dû aux trois charges Représenter graphiquement ce champ électrique.
2. le potentiel électrique au point C dû aux trois charges
3. le travail nécessaire pour déplacer une charge de l'infini au point C. Quelle est alors l'énergie potentielle de la charge et la force électrique à laquelle est soumise au point C.
4. l'énergie interne du système des quatre charges que représente cette énergie

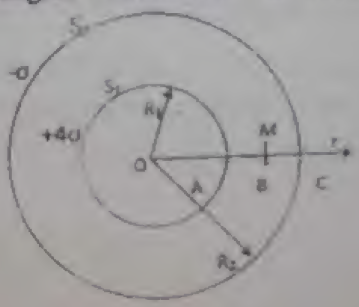
On donne :





Exercice 2 (8pts) :

1. Déterminer, en utilisant le théorème de Gauss, l'expression du champ électrique $\vec{E}(r)$ crée par une sphère de rayon R uniformément chargée en surface avec une densité σ.
2. Deux sphères S_1 et S_2, concentriques, creuses, d'épaisseurs négligeables et de rayons respectifs R_1 et R_2, sont chargées uniformément en surface avec des densités respectives (+4σ) et (-σ).



Le travail calculé ici est le travail d'une force extérieure « conservative » qui ne dépend que de l'état initial et l'état final : $W_c = -\int_{\infty}^{C} q_c \vec{E}\, d\vec{l} = -q_c[V(\infty) - V(C)]$

0.5

$$W_c = q_c.V(C) = K.\frac{q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right) = -1163.10^{-7} Joule$$

0.5

www.espace-etudiant.net

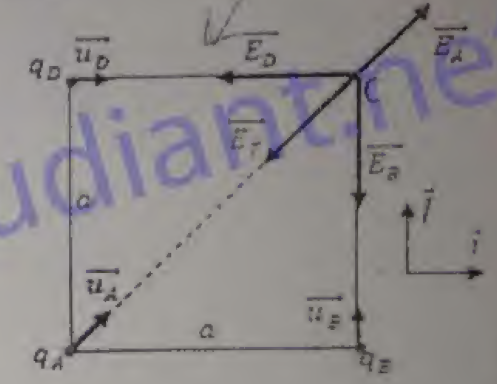
UMBB
Faculté des sciences
Département de Physique

STH
2010/2011

Corrigé Physique2
ETLD 2

Exercice 1 (6 points): choix d'un système d'axes (Ax, Ay), base $(\vec{i}, \vec{j})$

1. Vecteur champ électrique au point C dû aux trois charges:



$$\overrightarrow{E_T} = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_D}$$

$$\overrightarrow{E_A} = K.\frac{q}{2a^2}\overrightarrow{u_A} = K.\frac{q}{2a^2}\left(\frac{\sqrt{2}}{2}\vec{i} + \frac{\sqrt{2}}{2}\vec{j}\right)$$

$$\overrightarrow{E_B} = -K.\frac{q}{a^2}\overrightarrow{u_B} = -K.\frac{q}{a^2}\vec{j}$$

$$\overrightarrow{E_D} = -K.\frac{q}{a^2}\overrightarrow{u_D} = -K.\frac{q}{a^2}\vec{i}$$

$$\overrightarrow{E_T} = \overrightarrow{E_A} + \overrightarrow{E_B} + \overrightarrow{E_D} = K.\frac{q}{a^2}\left(\frac{\sqrt{2}}{4} - 1\right)(\vec{i} + \vec{j}) = -2.32\ 10^{+3}(\vec{i} + \vec{j})\ \left(\frac{V}{m}\right)$$

2. potentiel dû aux trois charges au point C :

$$V(C) = V_A(C) + V_B(C) + V_D(C) = K.\left(\frac{+q}{a\sqrt{2}} - \frac{q}{a} - \frac{q}{a}\right) = K.\frac{q}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$$

$$V(C) = K.\frac{q}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right) = -11.63\ V$$

3. le travail nécessaire pour déplacer une charge $q_C = +q$ de l'infini au point C :

Le travail calculé ici est le travail d'une force extérieure « conservative » qui ne dépend que de l'état initial et l'état final : $W_C = -\int_\infty^C q_C \vec{E}\,\overrightarrow{dl} = -q_C[V(\infty) - V(C)]$

$$W_C = q_C.V(C) = K.\frac{q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right) = -11.63.10^{-3}\,Joule$$

www.espace-etudiant.net

L'énergie potentielle de la charge q_C est $E_p = W_C = q_C.V(C) = K.\frac{q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$

Au point C la charge q_C est soumise à une force électrique :

0.5

$$\overrightarrow{F_T} = q_C\overrightarrow{E_T} = K.\frac{q^2}{a^2}\left(\frac{\sqrt{2}}{4} - 1\right)(\vec{i} + \vec{j}) = -2.32\ 10^{-6}\ (\vec{i} + \vec{j})\ \ (N)$$

$\vec{F} = 3,29.10^{-6} N$

0.5

4. L'énergie interne du système des quatre charges est :

$$E_i \equiv U = \frac{1}{2}\sum_{i=1}^{4} q_i V_i(M_i) = K.\frac{2q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$$

0.5

avec : $V_i(M_i) = \sum_{j=1}^{4} K\frac{q_j}{r_{ij}}$, soit :

$$E_i \equiv U = K.\frac{2q^2}{a}\left(\frac{1}{\sqrt{2}} - 2\right)$$

0.5

$E_i = -23.26.10^{-9} Joule$ $-4,65.10^{-7}$

Elle représente l'énergie nécessaire (travail nécessaire qu'il faut fournir) pour assembler les quatre charges dans la configuration actuelle.

0.5

Exercice 2 (8 points):

1. l'expression du champ électrique $\vec{E}(r)$ crée par une sphère de rayon R uniformément chargée en surface avec une densité σ.

$\vec{E}(r) = E_r\overrightarrow{U_r}$

Le flux à travers la surface : $\Phi = \iint \vec{E}.d\vec{S}$

Suivant le théorème de gauss :

$$\Phi = \iint \vec{E}.d\vec{S} = \frac{Q_{int\,er}}{\varepsilon_0}$$

www.espace-etudiant.net

Pour $r \prec R$

$$\iint \vec{E}.d\vec{S} = E(r)\iint dS = E(r)4\pi r^2$$

$$Q_{inter} = 0$$

donc

$$E(r)4\pi r^2 = 0 \Rightarrow E(r) = 0$$ 0.5

Pour $r \succ R$

$$\iint \vec{E}.d\vec{S} = E(r)\iint dS = E(r)4\pi r^2$$

$$Q_{inter} = \sigma 4\pi R^2$$

donc

$$E(r)4\pi r^2 = \frac{\sigma 4\pi R^2}{\varepsilon_0} \Rightarrow E(r) = \frac{\sigma R^2}{\varepsilon_0}\ \frac{1}{r^2}$$ 0.5

2. Deux sphères S_1 et S_2 concentriques :

i) Calcul de la charge Q_1 et Q_2

$$Q_1 = \iint 4\sigma dS = 16\pi\sigma R_1^2 \qquad Q_1 = 4\ 10^{-10}\ C$$ 0.5

$$Q_2 = \iint -\sigma dS = -4\pi\sigma R_2^2 = -16\pi\sigma R_1^2 \qquad Q_2 = -4\ 10^{-10}\ C$$ 0.5

ii) le champ électrique $\vec{E}(r)$:

Dans la région A : $r \prec R_1$

$$Q_{inter} = 0$$

$$E_1(r) = 0$$ 0.5

Dans la région B : $R_1 \prec r \prec R_2$

$$Q_{inter} = 16\pi\sigma R_1^2$$

$$E_2(r) = \frac{4\sigma R_1^2}{\varepsilon_0}\ \frac{1}{r^2}$$ 0.5

Dans la région C : $r \succ R_2$

$$Q_{inter} = 16\pi\sigma R_1^2 - 4\pi\sigma R_2^2 = 0$$

$$E_3(r) = 0$$ 0.5

3. M situé à 15cm du centre O des deux sphères.

i) L'expression du potentiel électrique :

$$\vec{E} = -\vec{grad}\,V$$

$$V(r) = -\int E(r)dr + C$$

Dans la région A : $r \leq R_1$

www.espace-etudiant.net

$V_1(r) = -\int E_1(r)dr + C_1$

$V_1(r) = C_1$

Dans la région B : $R_1 \le r \le R_2$

$V_2(r) = -\int E_2(r)dr + C_2$

$V_1(R_1) = V_2(R_1)$

$V_2(r) = \frac{4\sigma R_1^2}{\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r} - \frac{1}{R_1}\right) + C_1$

Dans la région C : $r \ge R_2$

$V_3(r) = -\int E_3(r)dr + C_3$

$V_3(r) = C_3$

$V_3(R_2) = V_2(R_2)$

$Avec : V_2(15cm) = 12\ Volt$

$\Rightarrow C_1 = 24\ Volt$ et $V_3(R_2) = V_2(R_2) = 6\ Volt$

D'où :

$V_1(r) = 24\ Volt$ $\quad r \le R_1$ — 0.5

$V_2(r) = \frac{4\sigma R_1^2}{\varepsilon_0}\left(\frac{1}{r}\right) - 12$ $\quad R_1 \le r \le R_2$ — 0.5

$V_3(r) = 6\ Volt$ $\quad r \ge R_2$ — 0.5

ii) La forme des surfaces équipotentielles:

Dans la région A : $r \le R_1$ — 0.5

La sphère de rayon R_1 est une surface équipotentielle $V_1(r) = 24\ Volt$

Dans la région B : $R_1 \le r \le R_2$

Les équipotentielles sont de formes sphériques — 0.5

Dans la région C : $r \ge R_2$ — 0.5

La sphère de rayon R_2 est une surface équipotentielle $V_3(r) = 6\ Volt$

iii) Positions r_1 et r_2 des équipotentielles

$V(r) = 24\ Volt \Rightarrow r \le R_1$ — 0.5

$V(r) = 6\ Volt \Rightarrow r \ge R_2$ — 0.5

Conclusion :

$6\ \text{Volt} \le V(r) \le 12\ \text{Volt} \Rightarrow R_1 \le r \le R_2$ — 0.5

www.espace-etudiant.net

Exercice 3 (6 points) :

1. $R_{AB} = 27\ \Omega$ — 0.7

2. Courant traversant R_1 : $I_1 = 0{,}03A$ — 0.7

   Courant traversant R_2 : $I_2 = 0{,}21A$ — 0.7

   Courant traversant R_{AB} : $I_3 = 0{,}24A$ — 0.7

   Courant traversant R_4 : $I_4 = 0{,}096A$ — 0.7

   Courant traversant R_5 : $I_5 = 0{,}144A$ — 0.7

3. $V_{AB} = R_{AB}I_3 = 6{,}48V$ — 0.5

4. $W_J = W_J = [(r_1 + R_1)I_1^2 + (r_2 + R_2)I_2^2 + R_{AB}I_3^2].t$ — 0.5

   $W_J = 1362{,}4\ J$ — 0.5

www.espace-etudiant.net